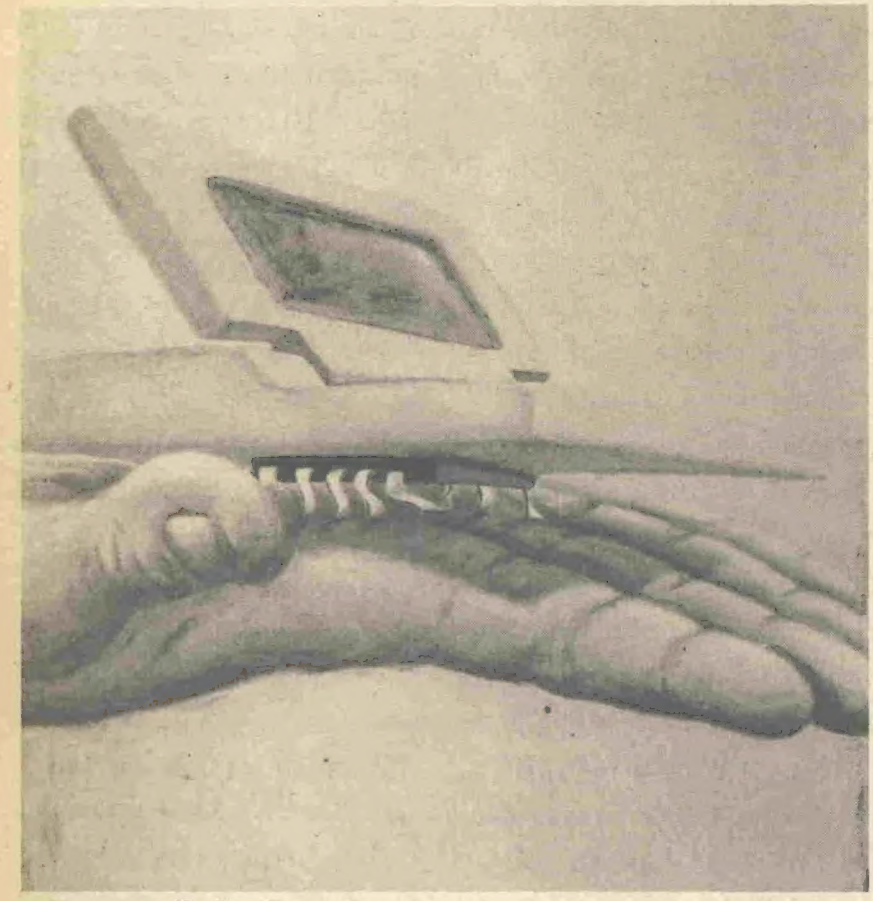
เรื่องน่าอ่าน
ประดิษฐ์ ภิญโญภาสกุล

ย้อนรอยอดีต ไมโครโปรเซสเซอร์



พลิกประวัติไมโคร-โปรเซสเซอร์ที่เราใช้กัน ไม่ง่ายนักกว่าวิศวกรผู้คิดค้นจะได้....มาถึงจุดนี้

นับเนื่องมาได้เป็นเวลา 20 ปีแล้ว นับจากวันที่ไมโครโปรเซสเซอร์ตัวแรกถือกำเนิดขึ้นมาให้ได้ใช้งานกัน วันนี้เราจะมองย้อนกลับไปดูว่าจุดเริ่มต้น และความเป็นมาของมัน ตามคำบอกเล่าของ เฟดเดอริโก แฟกกิน หนึ่งในสามท่านที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาแห่งไมโครโปรเซสเซอร์ (อีกสองท่านคือ เทด ฮอฟฟ์ และสแตนลีย์ เมเซอร์) นั้นเป็นอย่างไร

ก่อนอื่น สำหรับผู้อ่านที่ยังไม่ได้อ่านบทความเรื่องน่าอ่าน เรื่อง "ใครคือ ผู้ประดิษฐ์ไมโครโปรเซสเซอร์" ในไมโครฉบับที่ 80 ผมอยากจะให้ท่านได้กลับไปอ่านดูก่อน เนื่องจากบทความดังกล่าวมีความเกี่ยวเนื่องกับบทความนี้เป็นอย่างมาก และบทความนี้จะเป็นข้อเท็จจริงอันหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้อ่านพิจารณาได้ว่า กิลเบิร์ต ไฮแอตต์ ผู้ได้รับสิทธิบัตรสำหรับสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์วงจรรวมบนชิพเดี่ยว หรือสามท่านที่ได้เอ่ยชื่อไว้ข้างต้นกันแน่ ที่เป็นคำตอบของปัญหาดังกล่าว

แฟกกินเล่าว่า ช่วงหัวเลี้ยวหัวต่อที่สำคัญของสิ่งประดิษฐ์ใหม่แต่ละชิ้นคือช่วงเวลาที่กลุ่มผู้คิดค้นจะต้องทำการต่อสู้เพื่อนำสิ่งใหม่นั้นเข้ามาใช้แทนสิ่งที่มีอยู่เดิม โดยที่นอกจากจะต้องแข่งขันกับกลุ่มผู้ที่จะต้องสูญเสียผลประโยชน์แล้ว ยังต้องเอาชนะความไม่ใส่ใจของฝ่ายบริหารด้วย ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความมุ่งมั่นอย่างแรงกล้าที่เดียวกว่าที่สิ่งประดิษฐ์ชิ้นใหม่นั้นจะสามารถวางรากฐานที่มั่นคงพอที่จะดำรงอยู่ได้ สิ่งหนึ่งที่เป็นแรงผลักดันที่สำคัญให้กับสิ่งใหม่นั้น ก็คือการแสดงให้เห็นได้ว่าสิ่งใหม่นั้นสามารถนำมาใช้งานได้จริง

ณ จุดเริ่มต้น

ในปี พ.ศ. 2512 ขณะนั้นหุบเขาซิลิคอนเป็นศูนย์กลางของอุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ บริษัทอินเทลซึ่งในขณะนั้นก่อตั้งมาได้ 1 ปี เป็นบริษัทที่มีชื่อเสียงบริษัทหนึ่งในเครือของบริษัทแฟร์ไชลด์เซมิคอนดักเตอร์ และบริษัทอื่น ๆ เริ่มเล็งเห็นว่า หน่วยความจำสารกึ่งตัวนำจะเป็นสิ่งที่จะเข้ามาแทนที่หน่วยความจำวงแหวนแม่เหล็กได้ใน

อนาคต เป็นช่วงเวลาเดียวกันกับที่ตัวแทนจากบริษัทบิสซีคอม ซึ่งเป็นบริษัทผลิตเครื่องคิดเลขใหม่ไฟแรงของญี่ปุ่น ได้เดินทางมายังอินเทลเพื่อว่าจ้างให้ทำชิพสำหรับวงจรประมาณ 10 วงจร เพื่อนำไปใช้กับเครื่องคิดเลขของบริษัทตนโดยเฉพาะ

แม้ว่าในขณะนั้นอินเทลยังมีจำนวนผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบวงจรทางตรรกแบบสุ่ม และวิศวกรไม่มากพอที่จะรับงานดังกล่าวได้ แต่ เทด ฮอฟฟ์ ซึ่งในขณะนั้นเป็นหัวหน้าแผนกวิจัยสิ่งประยุกต์ของบริษัทอินเทล เชื่อว่ามีทางออกที่ดีกว่านั้น

ในช่วงนั้น มีข้อโต้แย้งเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องคิดเลขว่า ควรออกแบบให้เป็นมาตรฐานเสียก่อน แล้วค่อยนำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องคิดเลขแบบต่าง ๆ หรือว่าจะออกแบบเฉพาะเพื่อใช้กับเครื่องแต่ละแบบดี กลุ่มผู้สนับสนุนการออกแบบชิพเฉพาะงานให้เหตุผลว่า การออกแบบชิพมาตรฐานสำหรับเครื่องคิดเลข จำเป็นจะต้องเผื่อตัวเลือกต่าง ๆ เอาไว้มากเกินความจำเป็น ซึ่งจะทำให้ชิพมีขนาดใหญ่ และเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าการใช้ชิพที่ออกแบบมาเฉพาะงาน

ส่วนกลุ่มผู้สนับสนุนการออกแบบชิพมาตรฐานแย้งว่า การออกแบบให้เครื่องคิดเลขเป็นเสมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่โปรแกรมได้ จะทำให้เกิดความคล่องตัวในการนำไปใช้ได้กับเครื่องหลาย ๆ แบบ และเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า โดยบริษัทแฟร์ไชลด์ได้ทำการเบิกทางไว้ก่อนแล้ว ด้วยการพัฒนาซีพียูแบบอนุกรมขนาด 1 บิต เช่นเดียวกับบริษัทรอคเวลล์ โดย ไมเคิล อีเบอร์ดิน และพรรคพวกของเขา ได้ออกแบบซีพียูซึ่งมีความซับซ้อนยิ่งกว่าขึ้นมา โดยความคิดเรื่องซีพียูชิพเดี่ยวนี้เริ่มมีมาตั้งแต่ช่วงประมาณ พ.ศ. 2507-2509

นับตั้งแต่มีการประดิษฐ์ไอซีขึ้นมา ในปี พ.ศ. 2502 โรงงานสารกึ่งตัวนำสามารถเพิ่มจำนวนองค์ประกอบวงจรบนชิพขึ้น 1 เท่าตัวในทุก ๆ ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2503-2506 ชิพวงจรรวมความจุน้อย (SSI) สามารถบรรจุองค์ประกอบพื้นฐานจำพวก ทรานซิสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน ได้ไม่กี่สิบตัว สำหรับทำเป็นเกททางตรรกต่าง ๆ ในช่วงปี พ.ศ. 2507-2509 ชิพวงจรรวมความจุปานกลาง (MSI) สามารถบรรจุองค์ประกอบจำนวนเป็นร้อย ๆ ตัวได้ สำหรับทำเป็นวงจรนับ, วงจรบวก, วงจรรวมสัญญาณ และอื่น ๆ ทำให้เกิดความเชื่อในขณะนั้นว่า จะสามารถพัฒนาชิพวงจรรวมความจุสูง (LSI) ที่สามารถบรรจุองค์ประกอบนับพัน ๆ ตัวได้ในเวลาอันใกล้

จากการพัฒนามาเป็นลำดับ แผ่นวงจรพิมพ์จำนวนหลายแผ่นถูกแทนที่ด้วยชิพ SSI เพียงไม่กี่ตัว และต่อมาชิพ MSI จำนวนไม่กี่ตัวสามารถนำมาใช้แทน SSI จำนวนมากได้ ทำให้เห็นได้ชัดว่า ชิพ LSI จะเข้ามาแทนที่วงจรที่ประกอบด้วยชิพ MSI จำนวนมากได้ในไม่ช้า ซึ่งฮอฟฟ์ได้เล็งเห็นถึงความจริงข้อนี้

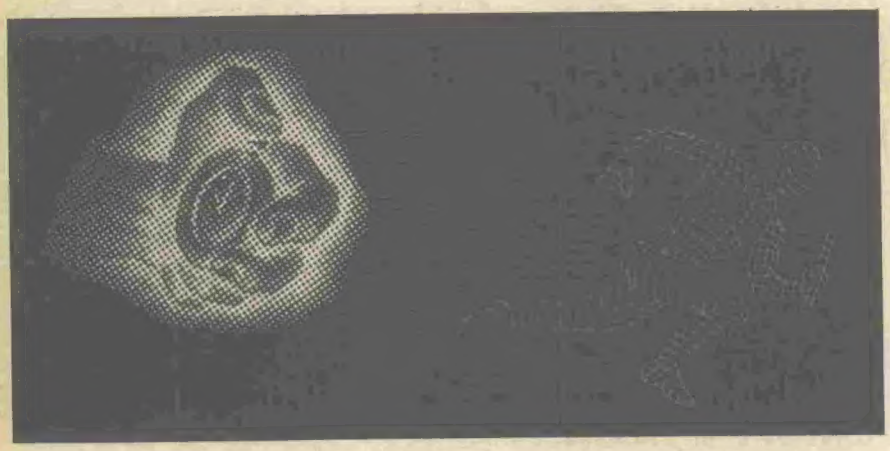
ในขณะนั้น ปริศนาที่วิศวกรหลายท่านได้เคยตั้งข้อสงสัยเอาไว้ว่า ไอซีอเนกประสงค์ประเภทใดที่จำเป็นจะต้องใช้องค์ประกอบจำนวนมากมายขนาดนั้นได้ถูกไขออกมาแล้ว เนื่องจากมีความจำเป็นต้องใช้แผ่นวงจรพิมพ์หลายแผ่นซึ่งเต็มไปด้วยชิพ SSI และ MSI ในการสร้างหน่วยความจำสารกึ่งตัวนำ และซีพียูสำหรับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กในช่วงปี พ.ศ. 2510-2512 ชิพ LSI ได้ถือกำเนิดขึ้น ก่อนที่ซีพียูบนชิพเดี่ยวจะเกิดขึ้นตามมาในช่วงเวลาอันสั้น

ระหว่างฤดูใบไม้ร่วงของปี พ.ศ. 2512 โดยความช่วยเหลือของ สแตนลีย์ เมเซอร์ ซึ่งในขณะนั้นเป็นวิศวกรสิ่งประยุกต์ของอินเทล ฮอฟฟ์ ได้ออกแบบสถาปัตยกรรมซึ่งประกอบด้วยซีพียูขนาด 4 บิต, รอมสำหรับเก็บชุดคำสั่งของโปรแกรม, แรมสำหรับเก็บข้อมูล, และทางรับ/ส่งข้อมูลหลายทางสำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกต่าง ๆ เช่น แป้นพิมพ์, เครื่องพิมพ์, สวิตช์ และหลอดไฟ พร้อมทั้งออกแบบ และตรวจสอบชุดคำสั่งสำหรับซีพียูดังกล่าว ด้วยความช่วยเหลือของวิศวกรจากบริษัทบิสซีคอมอีกหลายคน ซึ่งหนึ่งในจำนวนนี้คือ มาซาโตชิ ชิมา

กำเนิดไมโครโปรเซสเซอร์

ในปี พ.ศ. 2511 เฟดเดอริโก แฟกกิน ซึ่งในขณะนั้นทำงานอยู่กับบริษัทแฟร์ไชลด์ ได้พัฒนาวิทยาการเกทแบบซิลิคอน ซึ่งเป็นวิธีใหม่สำหรับการผลิตไอซีแบบโลหะ-ออกไซด์-สารกึ่งตัวนำ หรือมอส (MOS) ให้มีความจุและประสิทธิภาพสูงขึ้น อินเทลได้รับเอาวิทยาการนี้มาใช้ในการผลิตหน่วยความจำที่มีประสิทธิภาพสูง และไมโครโปรเซสเซอร์ ก่อนที่จะเริ่มมีการแข่งขันทางด้านการค้าของไมโครโปรเซสเซอร์เกิดขึ้น ด้วยความต้องการของแฟกกินที่จะออกแบบไอซีที่มีความซับซ้อนโดยใช้วิทยาการเกทแบบซิลิคอน ทำให้เขาได้ย้ายมาทำงานกับบริษัทอินเทล

จนกระทั่งเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2513 แฟกกินจึงได้รับมอบหมายให้



ออกแบบชุดชิพสำหรับเครื่องคิดเลขดังกล่าวข้างต้น ซึ่งฮอฟฟ์และเมเซอร์ได้ทำการออกแบบสถาปัตยกรรมและตรรกไว้แล้ว แฟกกินได้มาทำการออกแบบวงจร และการวางตำแหน่งขององค์ประกอบต่อ เป็นช่วงเวลาเดียวกันกับที่ชิมาได้มายังอินเทลเป็นครั้งที่สอง เพื่อตรวจสอบการออกแบบทางตรรกให้แน่ใจว่าจะสามารถนำไปใช้กับเครื่องคิดเลขของบริษัทตนได้จริง แต่แฟกกินก็ต้องตกที่นั่งลำบาก เมื่อเมเซอร์ไม่สามารถแก้ปัญหาสถาปัตยกรรมส่วนที่ชิมาต้องการให้เพิ่มเติมได้ และระหว่างนั้นฮอฟฟ์ ไปประกอบภารกิจอยู่ที่อื่น แฟกกินจึงต้องรับหน้าที่แก้ปัญหาดังกล่าว เขาต้องทำงานถึง 12 ถึง 16 ชั่วโมงต่อวัน งานของแฟกกินเริ่มด้วยการวางรากฐานของการออกแบบสำหรับใช้กับชุดชิพ และในขั้นต่อมาจึงทำการออกแบบทางตรรก, ออกแบบวงจร และการวางตำแหน่งขององค์ประกอบบนชิพทั้งสี่ ซึ่งในการนี้เขาจำเป็นต้องพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับการออกแบบทางตรรกแบบสุ่ม เพื่อใช้กับวิทยาการเกทแบบซิลิคอน ซึ่งยังไม่เคยมีมาก่อนขึ้นมาด้วย

เพื่อให้วงจรมีขนาดเล็กแฟกกินได้ใช้วิธีการบรรจุโปรแกรมปลุกเครื่อง (bootstrap) เอาไว้ในรอม สำหรับตั้งค่าเริ่มต้นในการทำงานให้กับวงจร ซึ่งก่อนหน้านั้นไม่มีผู้ใดเลยในอินเทลที่เชื่อว่าจะสามารถทำได้

แฟกกิน ให้ชื่อชุดชิพดังกล่าวว่า "ชุดชิพ 4000" ประกอบไปด้วยชิพแบบ 16 ขา จำนวน 4 ตัว อันได้แก่ ชิพ 4001 เป็นรอมขนาด 2 กิโลไบต์ ที่มีทางรับ/ส่งข้อมูลแบบโปรแกรมได้ ขนาด 4 บิตมาส์ค, 4002 เป็นแรมขนาด 320 บิต ซึ่งมีทางส่งข้อมูลขนาด 4 บิต, 4003 เป็นรีจิสเตอร์แบบเลื่อน (shift register) ขนาด 10 บิต ที่รับข้อมูลเข้าแบบอนุกรม แล้วส่งออกในแบบขนาน สำหรับใช้เป็นตัวขยายทางรับ/ส่งข้อมูล และชิพ 4004 เป็นซีพียูขนาด 4 บิต

ชิพ 4001 ได้ถูกออกแบบขึ้นก่อนและสร้างขึ้นสำเร็จในเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2513 ในเดือนถัดมา ชิพ 4002 จึงคลอดตามออกมาพร้อม ๆ กับ 4003 โดยมีข้อบกพร่องเพียงเล็กน้อย และก่อนสิ้นปีนั้น ชิพ 4004 ก็ได้ถือกำเนิดขึ้น แต่ก็ตรวจสอบพบข้อบกพร่องหลายประการ

การแก้ไขข้อบกพร่องของชิพ 4004 ของแฟกกิน สำเร็จลงในเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2514 เป็นช่วงเวลาเดียวกันกับที่เขาได้รับรหัสรอมจากบิสซีคอม มาโปรแกรมลงบนชุดรอม 4001 ในเดือนถัดมา ชุดประกอบของเครื่องคิดเลขเครื่องแรกได้ถูกส่งไปให้บริษัทบิสซีคอมตรวจสอบ ซึ่งแต่ละชุดประกอบด้วย ซีพียู 4004, แรม 4002 จำนวน 2 ตัว, รอม 4001 จำนวน 4 ตัว และรีจิสเตอร์แบบเลื่อน 4003 จำนวน 2 ตัว ซึ่งผลการตรวจสอบของชิมาพบว่าเครื่องคิดเลขของเขาทำงานได้ถูกต้องทุกประการ

จุดนี้เองที่นับได้ว่าเป็นจุดกำเนิดที่แท้จริงของไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งแฟกกินเชื่อว่า ชุดชิพดังกล่าวสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่น ๆ ได้ แต่ทางอินเทลเชื่อว่า มันเหมาะสำหรับเครื่องคิดเลขเท่านั้น และอีกประการหนึ่ง บริษัทอินเทลมีข้อสัญญาที่ทำกับบริษัทบิสซีคอมไว้ว่า ชุดชิพดังกล่าวนั้นจะขายให้กับบริษัทอื่นไม่ได้

ในที่สุดแฟกกินก็ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าความเชื่อของเขาเป็นจริง ด้วยการนำชุดชิพดังกล่าวไปใช้ทำเครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยใช้ชิพ 4004 เป็นตัวควบคุมหลักได้สำเร็จ จึงได้เสนอต่อโรเบิร์ต นอยซ์ ซึ่งได้เป็นประธานบริษัทอินเทลในเวลาต่อมาว่า ควรที่จะนำชุดชิพ 4000 ออกวางตลาด เป็นช่วงเวลาเดียวกันกับที่บิสซีคอมประสบกับปัญหาทางด้านต้นทุนการผลิต จึงยินยอมให้อินเทลทำการจำหน่าย 4004 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่น นอกเหนือไปจากเครื่องคิดเลขได้ เพื่อที่ราคาของชิพดังกล่าวจะได้ถูกลง

ในเดือนพฤศจิกายนของปีนั้น อินเทลได้นำชุดชิพ 4000 ซึ่งในปัจจุบันรู้จักกันในชื่อว่า MCS-4 (Microcomputer System 4-bit) ออกวางจำหน่าย นับได้ว่า เป็นจุดเริ่มต้นของศักราชใหม่แห่งวงจรอิเล็กทรอนิกส์รวมทีเดียว

การแข่งขัน

ในปี พ.ศ. 2512 บริษัทคอมพิวเตอร์เทอร์มินัล (CTC) ซึ่งปัจจุบันคือบริษัทเดตาพอยน์ท ได้มาติดต่อกับบริษัทอินเทลว่า วิค พัวร์ รองผู้อำนวยการฝ่ายวิจัยและพัฒนาของบริษัท ต้องการให้ซีพียูซึ่งประกอบด้วยชิพแบบทีทีแอลประมาณ 100 ตัว บนเครื่องปลายทาง (terminal) รุ่นใหม่ที่ชื่อว่า "เดตาพอยน์ท 2200" ลดรูปลงมาอยู่บนชิพจำนวนน้อย ๆ ตัว เพื่อลดต้นทุน และขนาดของวงจร

หลังจากที่ฮอฟฟ์ ได้ทำการพิจารณาสถาปัตยกรรม, ชุดคำสั่ง และการออกแบบทางตรรกของ CTC แล้ว เขาคาดว่าอินเทลจะสามารถผลิตให้ซีพียูนี้อยู่บนชิพเพียงตัวเดียวได้ อินเทลจึงได้ทำสัญญากับ CTC ชิพดังกล่าวซึ่งมีชื่อเรียกเป็นการภายในว่า "1201" เป็นซีพียูขนาด 8 บิต สำหรับประยุกต์ใช้กับเครื่องปลายทางโดยเฉพาะ และมีความซับซ้อนกว่า 4004

ในงานนี้ แฟกกิน ได้รับหน้าที่ออกแบบชิพสี่ตัว อย่างไรก็ตาม หลังจากนั้นไม่กี่เดือน ฮาล ฟีนีย์ ซึ่งเป็นนักออกแบบวงจรที่สำคัญคนหนึ่งของโครงการนี้ ได้รับมอบหมายให้ออกแบบชิพหน่วยความจำอีกงานหนึ่ง โครงการของ CTC จึงหยุดชะงักไปชั่วคราว

ในระหว่างนั้น CTC ได้ว่าจ้างให้บริษัทเทกซัสอินสตรูเมนท์ (TI) ทำชิพอันเดียวกันเพื่อเป็นทางเลือก และสิ้นปี พ.ศ. 2513 นั้น อินเทลได้เดินหน้าโครงการ 1201 ต่อไป โดยแฟกกินเป็นผู้รับผิดชอบ และฟีนีย์ได้กลับมาทำงานของเขาต่อไป

ในเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ.2514 TI ได้ลงโฆษณารายละเอียดทางอิเล็กทรอนิกส์ บรรยายความสามารถของวงจรรวมความจุสูงแบบมอสของตน, ภาพไอซีที่ซับซ้อน และคำอธิบายประกอบว่า "ซีพียูบนชิพเดี่ยว" พร้อมทั้งรายละเอียดเกี่ยวกับวงจรของ เดตาพอยน์ท 2200 เนื้อความนั้นระบุว่า "TI ได้พัฒนาและผลิตชิพดังกล่าวให้กับ CTC" พร้อมกับให้รายละเอียดของชิพดังกล่าวที่สำคัญ ชิพของ TI มีขนาดถึง 215 x 225 มม. ซึ่งใหญ่มาก แม้จะเทียบกับวิทยาการในปี พ.ศ. 2514 และยังใหญ่กว่าขนาดของ 1201 ที่อินเทลประมาณเอาไว้ถึง 225 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ดี ชิพของ TI ไม่เคยถูกนำมาใช้งานจริง ๆ และไม่เคยนำออกสู่ตลาดเลย ข่าวของชิพดังกล่าวเงียบหายไป จนกระทั่ง TI ได้สร้างความประหลาดใจอีกครั้ง โดยการจดทะเบียนลิขสิทธิ์สถาปัตยกรรมของ 1201 ซึ่งแท้ที่จริงเป็นสถาปัตยกรรมของเดตาพอยน์ทและเป็นผลงานของอินเทล แม้ว่า TI จะเป็นบริษัทแรกที่ประกาศตัวว่าเป็นผู้สร้างไมโครโปรเซสเซอร์ดังกล่าวขึ้นมา และได้สิทธิบัตรไปครอบครองก็ตาม แต่การทำให้มันใช้งานได้เป็นสิ่งที่สำคัญกว่า

ผลลัพธ์ที่ออกมา

ในความเป็นจริง การประดิษฐ์ผลงานขึ้นมาจะต้องมีบทรวบรวมรายละเอียดขั้นตอนของการสร้างสิ่งนั้นขึ้นมา มิใช่เป็นแต่เพียงความคิด ในปี พ.ศ. 2533 สำนักงานสิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาได้มอบสิทธิบัตรสำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ให้กับ กิลเบิร์ต ไฮแอตต์ นับเป็นเวลาประมาณ 20 ปี หลังจากที่เขายื่นคำร้องขอจดทะเบียนครั้งแรก ข่าวการตัดสินดังกล่าวเป็นที่ประหลาดใจอย่างมาก เพราะการพิจารณาของคณะกรรมการเป็นความลับ และชื่อของไฮแอตต์ก็ไม่ได้เป็นที่รู้จักกันดีมาก่อน ในขณะที่ตัวเขาเองอ้างว่าเป็นผู้สร้างต้นแบบของชุดทดลองวงจรดิจิตอล (bread-board) โดยใช้สถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์ของตนเอง ทั้ง ๆ ที่ก่อนหน้านั้นเขาไม่เคยมีผลงานชิพเดี่ยวมาก่อน และความคิดดังกล่าวก็ไม่ได้ถูกบันทึกลงเป็นรายละเอียดขั้นตอนของการประดิษฐ์ขึ้นมาเลย

สิ่งที่ กิลเบิร์ต ไฮแอตต์, TI และอีกหลาย ๆ บริษัทมิได้กระทำ แต่อินเทลได้เคยกระทำก็คือ การทำให้ไมโครโปรเซสเซอร์ตัวแรกใช้งานได้จริง ด้วยราคาที่ต่ำ และจำนวนการผลิตที่มากพอ ซึ่งในการนี้จะต้องใช้ความเอาใจใส่ความอดทน และการทำงานอย่างหนัก เพื่อที่จะนำผลิตภัณฑ์ซึ่งแตกต่างจากของคนอื่นออกสู่ตลาด ผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องมีการอบรมการใช้งาน, การคอยช่วยเหลือ และวางรากฐานของงานให้กับลูกค้า อินเทลกล้าที่จะเสี่ยงในขณะที่ธุรกิจยังมีขนาดเล็ก และง่ายต่อการล้มเหลว

มี 3 สิ่งที่ต้องได้รับการพินิจพิจารณาให้รอบคอบ ก่อนที่จะเริ่มมีการวางรากฐานความคิดของไมโครโปรเซสเซอร์ลงไป ประการแรกคือ จะต้องเลือกใช้วิทยาการการผลิตที่เหมาะสมกับช่วงเวลาขณะนั้น ประการที่สองคือในการออกแบบ, พัฒนา และผลิตชิพจะต้องใช้ต้นทุนที่ไม่สูงจนเกินไป และประการสุดท้ายคือ ไมโครโปรเซสเซอร์ที่จะผลิตขึ้นมานั้น จะต้องรองรับความต้องการของตลาดได้กว้างขวางพอสมควร ซึ่งในประการนี้จำเป็นต้องอาศัยความ

เชื่อถือในผลิตภัณฑ์ และความสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้

ระหว่างฤดูร้อนของปี พ.ศ. 2514 ในขณะที่งานพัฒนา 1201 กำลังคืบหน้าเป็นอย่างดี เดตาพอยน์ทได้ตกลงใจที่จะยกเลิกการใช้งาน 1201 เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจตกต่ำจากปี พ.ศ. 2513 ทำให้ราคาของชิพแบบทีทีแอลลดลงมาจนทำให้ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ 1201 อีกต่อไป อย่างไรก็ดี บริษัทไซโกของญี่ปุ่นได้แสดงความสนใจในโครงการนี้ และอินเทลตกลงใจที่จะดำเนินการพัฒนาต่อไป โดยได้รับความยินยอมจากเดตาพอยน์ท เพื่อแลกกับค่าสูญเสียในการขอยกเลิกโครงการดังกล่าว อินเทลจึงได้รับสิทธิในการวางตลาด 1201 เป็นผลิตภัณฑ์ที่จดทะเบียนลิขสิทธิ์

ด้วยประสบการณ์จาก 4004 ทำให้การพัฒนา 1201 ไม่เป็นโครงการที่ยากจนเกินไป ชิพ 1201 มีหลายส่วนคล้ายกับ 4004 แม้ว่ามันจะเป็นซีพียูขนาด 8 บิตก็ตาม การออกแบบในหลาย ๆ ส่วนสามารถนำแบบของ 4004 มาดัดแปลงใช้ได้ แต่ในขณะที่อินเทลเตรียมการวางตลาด 1201 (ภายหลังเปลี่ยนชื่อเป็น 8008) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว แฟกกิน ได้ตรวจสอบพบว่ามีการรั่วของประจุในเกทของทรานซิสเตอร์ในชุดรีจิสเตอร์ เนื่องมาจากการฉีดทำชั้นฐานของไอซี ทำให้ต้องมีการแก้ไขวงจร และการวางตำแหน่งขององค์ประกอบต่าง ๆ ใหม่เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

นำออกวางตลาด

ในการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ ผู้ใช้จะต้องมองปัญหาให้กลายเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เสียก่อน จากนั้นจึงทำการเขียนโปรแกรมนั้น และทำการตรวจสอบบนเครื่องจำลองอุปกรณ์จนแน่ใจแล้ว จึงนำโปรแกรมนั้นบรรจุลงในรอม ซึ่งนับเป็นโชคดีที่บริษัทอินเทลเพิ่งพัฒนาชิพ 1701 ซึ่งเป็นอีพรอม (EPROM) ตัวแรก โดยใช้เกทแบบโพลีซิลิคอนลอยเป็นหน่วยเก็บได้เป็นผลสำเร็จ

ชิพ 1701 นี้เป็นหน่วยความจำแบบโปรแกรมได้ขนาด 2 กิโลไบต์ ที่สามารถเขียนแล้วลบได้ด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต ซึ่งเปิดตัวมา 6 เดือนก่อนหน้า 1201 เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดชุดทดลองซึ่งอำนวยให้การพัฒนาและตรวจสอบชุดคำสั่งสำหรับ MCS-4 เป็นไปได้โดยสะดวก

ในการนำไมโครโปรเซสเซอร์ออกจำหน่ายนั้น จำเป็นต้องใช้ความพยายามทางด้านการตลาดมากกว่าองค์ประกอบวงจรดิจิตอลอื่น ๆ ทั่วไปเป็นอย่างมาก คือนอกจากจะต้องให้รายละเอียดประกอบแล้ว ยังต้องมีคู่มือการโปรแกรม, คู่มือการประยุกต์ใช้งาน ซึ่งแสดงวิธีการใช้องค์ประกอบย่อยส่วนต่าง ๆ, ชุดจำลองสำหรับการพัฒนาต้นแบบของอุปกรณ์ และแอสเซมเบลอร์ออกมาสนับสนุนด้วย

เครื่องประกอบเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยความรู้ความสามารถ และค่าใช้จ่ายมากกว่าที่บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำใด ๆ จะคาดคิด นอกจากนั้นวิศวกรยังจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงการออกแบบอุปกรณ์ เพื่อสนับสนุนให้สามารถมองปัญหาให้เป็นโปรแกรมได้ ซึ่งนับเป็นสิ่งที่ยากที่สุด

ในเดือนเมษายนปี พ.ศ. 2515 อินเทลได้เปิดตัวไอซีเบอร์ 8008 และชุดไอซีสนับสนุน รวมเรียกว่า MCS-8 ซึ่งได้รับความสนใจจากตลาดเป็นอย่างมาก แต่ยอดการจำหน่ายก็ยังอยู่ในระดับต่ำ เหตุที่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากลูกค้าต้องการสิ่งอำนวยความสะดวกในการออกแบบ การอบรม และการช่วยเหลือในการนำไปประยุกต์ใช้งานมากขึ้นกว่านั้น อินเทลจึงได้เพิ่มสิ่งเหล่านั้นเข้าไปโดยจัดให้มีทีมวิศวกรออกไปอบรม และให้คำปรึกษาแก่ลูกค้า

ต่อมาอินเทลได้สร้างระบบช่วยพัฒนาขึ้น โดยให้ลูกค้าสามารถพัฒนาและตรวจสอบชุดคำสั่งได้เอง ผลปรากฏว่า ในระยะเวลาหนึ่งปีภายหลังจากการแนะนำตัวไมโครโปรเซสเซอร์ดังกล่าว อินเทลได้รับรายได้จากระบบช่วยพัฒนามากกว่าจากชิพไมโครโปรเซสเซอร์เสียอีก

ตัวจริงมาแล้ว

ตอนปลายฤดูร้อนของปี พ.ศ. 2514 แฟกกินได้เดินทางไปยังยุโรปเพื่อทำการสัมมนาเชิงวิชาการเกี่ยวกับ MCS-4 และ 8008 พร้อมทั้งเยี่ยมเยียนลูกค้า ทำให้เขาได้รับคำวิจารณ์มากมาย เมื่อเขากลับมายังสหรัฐฯจึงเกิดความคิดที่จะพัฒนาไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8

บิต ที่ดีกว่า 8008 ซึ่งรวมเอาสิ่งต่าง ๆ ที่ลูกค้าต้องการเอาไว้ ที่สำคัญก็คือ ความเร็ว และความง่ายในการนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น

ด้วยการใช้กระบวนการหลายช่องสัญญาณ ซึ่งกำลังได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับใช้กับแรมแบบพลวัต (DRAM) ขนาด 4 กิโลไบต์ในขณะนั้น จะช่วยให้สามารถเพิ่มความเร็ว และความง่ายในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น นอกจากนั้นแฟกกินยังต้องการพัฒนาโครงสร้างการขัดจังหวะให้ดีขึ้น สามารถอ้างหน่วยความจำได้มากขึ้น และเพิ่มจำนวนคำสั่งภาษาเครื่องให้มากขึ้น

ต้นปี พ.ศ. 2515 แฟกกินได้เสนอโครงการพัฒนาชิพใหม่ดังกล่าว แต่ฝ่ายบริหารของอินเทลต้องการทราบเสียงขานรับต่อ MCS-4 และ 8008 เสียก่อนที่จะออกโปรเซสเซอร์ตัวใหม่ขึ้นมาอีก จนกระทั่งฤดูร้อนของปีนั้น โครงการดังกล่าวจึงเริ่มขึ้น โดยแฟกกินได้ขอให้ชิมาเดินทางจากญี่ปุ่นมาช่วยด้วย เมื่อชิมามาถึงในเดือนพฤศจิกายน แฟกกินได้ออกแบบสถาปัตยกรรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะร่วมมือกับผู้ร่วมงานของเขาและชิมา ในงานขั้นต่อไป

ไมโครโปรเซสเซอร์ตัวใหม่ ซึ่งได้ชื่อว่า 8080 สำเร็จลงในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2516 หลังจากทำการตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องที่ยังเหลืออยู่เล็กน้อยจนหมดไป อินเทลก็สามารถวางตลาดชิพตัวใหม่นี้ได้ในเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2517 นับจากนั้นอินเทลจึงกลายเป็นผู้นำด้านการผลิตและจำหน่ายไมโครโปรเซสเซอร์ แม้ว่าบริษัทอื่น ๆ จะมีผลิตภัณฑ์มาแข่งขันก็ตาม

ในปี พ.ศ. 2515 บริษัทรอคเวลล์ได้เปิดตัว PPS-4 ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับ MCS-4 แต่เป็นชิพแบบ 42 เข็ม ที่ใช้วิธีการออกแบบแบบสี่หน้า และวิทยาการมอสแบบเกทโลหะ มีความเร็วพอ ๆ กับ MCS-4 และได้เพิ่มการทำงานแบบขนานให้มากขึ้น วิศวกรของรอคเวลล์ได้ปิดบังข้อจำกัดบางประการของ PPS-4 เอาไว้ แต่ใน PPS-8 ซึ่งเปิดตัวภายหลัง 8080 ข้อจำกัดดังกล่าวได้ถูกแก้ไขให้หมดไป

คู่แข่งที่น่ากลัวเพียงบริษัทเดียวของอินเทลในขณะนั้นคือ บริษัทโมโตโรล่า ซึ่งมีผลิตภัณฑ์โปรเซสเซอร์ 6800 ที่ใช้วิทยาการเกทแบบซิลิคอน และวางตลาดหลังจาก 8080 ของอินเทลประมาณ 6 เดือน แม้ว่า 6800 จะมีข้อดีกว่าในหลาย ๆ ด้าน แต่เนื่องจากช่วงเวลาที่เหมาะสม และนโยบายการตลาดที่แข็งกร้าวของอินเทล ประกอบกับชุดคำสั่งและอุปกรณ์สนับสนุน รวมทั้งวิธีการผลิตที่เหนือกว่าของอินเทล ที่ทำให้ขนาดของชิพ 8080 มีขนาดเล็กกว่า 6800 มาก เป็นผลให้อินเทลยืนหยัดเป็นผู้นำอยู่ได้

ชิพ 8080 ได้เปิดตลาดไมโครโปรเซสเซอร์อย่างแท้จริง โดยที่การวางตลาด 4004 และ 8008 ถือได้ว่าเป็นเพียงการแนะนำตัวไมโครโปรเซสเซอร์เท่านั้น เนื่องจากชิพทั้งสองยังไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ดีเท่าที่ควร แต่ 8008 ได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ กันนับร้อย ๆ ประเภท นับได้ว่าเป็นการเริ่มยุคแห่งไมโครโปรเซสเซอร์ นับจากนั้นเป็นต้นมา

ความก้าวหน้าที่ไม่หยุดยั้ง

ในปี พ.ศ. 2517 อินเทลเติบโตขึ้นเป็นบริษัทใหญ่ แฟกกินและราล์ฟ อังเกอร์มานน์ หัวหน้าคนหนึ่งของเขา เริ่มรู้สึกอึดอัดในบรรยากาศการทำงาน และมีความคิดที่จะย้ายไปทำงานกับบริษัทที่เน้นตลาดไมโครโปรเซสเซอร์เป็นนโยบายหลักเพียงอย่างเดียว จนกระทั่งเดือนพฤศจิกายนทั้งคู่ได้ลาออกไปทำงานให้กับบริษัทซิลอก ซึ่งงานชิ้นแรกของแฟกกินที่ซิลอก คือ ซีพียู Z80 ซึ่งเป็นชิพหนึ่งในชุดชิพ Z80 ที่แฟกกินตั้งใจให้นำมาใช้แทน 8080 ได้ในระดับคำสั่งภาษาเครื่อง โดยมีรีจิสเตอร์, คำสั่ง และความสามารถที่เพิ่มขึ้น

ภายหลังจากที่แฟกกินออกแบบสถาปัตยกรรมเสร็จเรียบร้อย ก็ได้รับความร่วมมือจากชิมาที่เดินทางมาช่วยออกแบบในขั้นรายละเอียด จนกระทั่งปี พ.ศ. 2519 ก็สามารถนำ Z80 ออกจำหน่ายได้ และประสบความสำเร็จอย่างสูง ทำให้ซิลอกกลายเป็นคู่แข่งรายสำคัญของอินเทลไปโดยปริยาย และตัวแฟกกินเองก็ได้เลื่อนตำแหน่งขึ้นมาเป็นประธานบริษัทซิลอกด้วย

จากนั้นเป็นต้นมา ผู้คนเริ่มเล็งเห็นความสำคัญของไมโครโปรเซสเซอร์มากขึ้น ชมรมคอมพิวเตอร์ได้ถูกจัดตั้งขึ้นมากมายในสหรัฐฯ จำนวนคนที่สนใจคอมพิวเตอร์อย่างจริงจังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดพลังสร้างสรรค์อย่างมหาศาล อันเป็นพื้นฐานให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นที่แพร่หลาย ได้ถือกำเนิดขึ้นในเวลาต่อมา

ในปี พ.ศ. 2520 ไมโครโปรเซสเซอร์ได้หยั่งรากลึกลงอย่างมั่นคง และกลายเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งประดิษฐ์ในปัจจุบัน นับจากจุดนั้นเป็นต้นมา การพัฒนาไมโครโปรเซสเซอร์ได้ดำเนินต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง กระบวนการสร้างและการผลิตทำได้รวดเร็วขึ้น ความสามารถเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ราคาลดต่ำลง อันเป็นผลมาจากวิทยาการทางด้านสารกึ่งตัวนำที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดมา